EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ÜBER ISCHAEMISCHE MUSKELLÄHMUNGEN UND CONTRACTUREN

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

EINER

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

UNIVERSITÄT BASEL

VORGELEGT VON

EUGEN KISTLER

GEW. VOLONTÄRARZT AN DER CHIRURGISCHEN POLIKLINIK IN BASEL

SARNEN

LOUIS EHRLI, BUCH- UND KUNSTDRUCKEREI

1910

Die ältesten Ansichten über ischaemische Muskelcontracturen und Lähmungen reichen ins Jahr 1766 zurück. Wenigstens berichtet Haller [1]) in seinem Werke, daß Stenson nach Unterbindung der Aorta kurze Zeit nachher „Lähmung" an den hintern Extremitäten beobachtete. St. trat damals für den myogenen Charakter der Lähmung ein. — Doch war es erst Schiffer [2]) (1869) vorbehalten, nachzuweisen, daß die Erscheinung auf Zirkulationsstörungen im Rückenmark beruhte. Etwas praeciser waren die Versuche von Kühne [3]), der bei Unterbindung einzelner Muskeläste positive Resultate gesehen haben will.

Erst später kamen die unangenehmen klinischen Erfahrungen hinzu: Wo man bei Anlegung fixierender Verbände (Schienen-, Kleister-, Gipsverbände) wegen Fracturen der obern Extremitäten, Veränderungen an der Stellung der Finger auftreten sah, die Busch [4]) als Greifenklaue bezeichnete und darauf hinwies, daß solche besonders gerne dann entstehen, wenn die Verbände allzu fest angelegt werden.

Busch spricht von Verwachsungen „Ankylosen" der Sehnen in den Sehnenscheiden. In dieser Hinsicht sind auch 4 Fälle citiert [5]), wo diese Greifenklauenstellung der Finger nach allzulang und zu fest angelegten Verbänden entstanden waren.

Erst Volkmann [6]) war es, der in drei Etappen etwas mehr Licht in die Sache warf. Zuerst bei Pitha-Billroth 1872 wird hervorgehoben, daß diese Contracturen „zum Teil" auf einer entzündlichen Muskelveränderung beruhe, nicht auf einer Nervenlähmung. Daß ferner diese Contractur im Gegensatz zur paraly-

---

1) Haller: Elementa physiol. IV. Lausanna 1766, p. 544.
2) Schiffer: Centralbl. f. med. Wissenschaft. 1869, p. 579.
3) Kühne: Arch. v. Du Bois-Reymond-Reichert.
4) Busch: Sitzungsbericht d. niederrheinisch. Gesellschaft. Bonn 1859, p. 102 u. f.
5) Busch: Lehrbuch d. Chir. 1864. III. Bd., p. 84 u. f.
6) Volkmann: Krankheiten d. Bewegungsorg. Pitha u. Billroth d. Chir., II. Bd. 1872.

tischen rapid auftrete und in wenigen Wochen hohe Grade erreiche, die bis zur Einbohrung der Fingernägel in die palma manus führe. Später praecisiert sich Volkmann [7]) besser, und steht für den rein myogenen Charakter der Lähmung ein. Im Jahre 1881 gibt er [8]) in 9 Sätzen der Lähmung Ausdruck.

Später war es Mannkopf [9]), welcher bei Thrombose der Art. fem. eine absteigend-zunehmende Degeneration im Gebiete des N. peron. sah, in der Muskelsubstanz Verwischung der Querstreifung, homogenes Aussehen, Vermehrung der Sarkolemmkerne. Mannkopf konstatierte also eine Neuritis parenchymatosa et interstitialis und hält die Myositis für einen die Nervenerkrankung coordinierten Prozeß. Im gleichen Sinne spricht sich auch Chvostek [10]) aus, der bei Embolie der Arterie femoralis nur

---

[7]) Volkmann: Beiträge zur Chirurgie 1875, p. 219.

[8]) Volkmann: Centralblatt f. Chir. 1881, Nr. 51. Der Sinn liegt kurz in folgendem:

1⁰. Lähmungen u. Contractur bei schnürenden Verbänden beruhen auf Ischiaemie.

2⁰. In physiol. Hinsicht ist mangelhafter O zufuhr schuld an scholligem Zerfall der contractilen Substanz.

3⁰. Lähmung und Contractur treten gleichzeitig auf [ganz im Gegensatz zu späteren Ansichten wie die von Chvostek *].

* Chvostek: Ein Fall von isch. Lähmung: Jahrbücher für Psychiatrie. Bnd. 10, 1892, S. 255.

4⁰. Die Contractur ist absolut starr, und zeigt enorme Widerstände gegen passive Bewegungen.

5⁰. Reaction, interstitielle Vorgänge im Muskel steigern die Contractur noch mehr. (Vergleiche auch Kraske *.)

* Kraske: Centralbl. f. Chir. 1879, Nr. 12 über Einwirkung starker Kälte auf die quer gestreifte Muskulatur; p. 193 bis 196:

„Die Beschaffenheit des Muskelgewebes entspricht sehr genau den Veränderungen, welche man in den Muskeln eines Gliedes beobachtet, dem man längere Zeit die Blutzufuhr durch zirkuläre Umschnürung abgesperrt hat: Die Ischaemie bedingt eine Nekrobiose der contraktilen Substanz, an die sich entzündliche Vorgänge im Perimysium int. und Regenerationsprozesse der übrig gebliebenen Muskelfasern anschließen." (Vergleiche auch Kraske: Habilitationsschrift, Halle 1878: Exp. Untersuchungen über Regeneration d. quer gestreiften Muskulatur.)

6⁰. Isch. Lähmung findet sich außer bei schnürenden Verbänden nach Esmarch'scher Konstriktion, Unterbindungen, Zerreißung und Contusion großer Gefäße, Einwirkung von Kälte (Kraske).

7⁰. 8⁰. 9⁰. Die Prognose hängt von der Schwere des Muskelveränderung ab. — Therapeutisch kommt gewaltsame Dehnung (ev. in Narkose!) in Betracht.

[9]) Mannkopf: Ueber eine periphere, isch. Lähmung. Erlenmayer'sches Archiv, 1878, S. 258.

[10]) Chvostek: Ein Fall ischaemischer Lähmung. Jahrbücher für Psychiatrie. Bd. 10, 1892, S. 255.

eine ganz geringe Anzahl von Muskelfasern mit Querstreifung erhalten sah, ferner, daß diese contractile Substanz trüb, undurchsichtig, opak, homogen aussah, dagegen keine Sarkolemmkerne und keine Wucherung des Bindegewebes. Dem mikroskopischen Befunde nach, kommt Chvostek zum Schlusse, daß die nach Gefäßverschluß auftretenden Lähmungen zunächst neurogenen Ursprunges seien; daß jedoch bald die entzündlich schrumpfenden Vorgänge am Muskel in den Vordergrund treten und das klin. Symptomenbild beherrschen. Als Beweis der Richtigkeit seiner Auffassung führt er die von Physiologen gemachte Tatsache an, daß der Muskelstarre stets ein Verlöschen der Nerventätigkeit vorausgeht. Nach ihm ist eine ischaemische Lähmung zunächst eine schlaffe, später erst eine starre. Die intakte faradocutane Sensibilität ist auf die größere Resistenz dieser Fasern zurückzuführen, wie auch klinisch festgestellt ist, daß nach vielen spinalen Affektionen lange Zeit sensible Störungen fehlen — was auch für die sensiblen Muskeläste festgestellt ist — und im entzündlichen Stadium die Muskel-Schmerzen erklärlich macht.

Leser[11]), im Gegensatz zu den vorigen Autoren, fand auf Grund von 7 klinischen Fällen, die er mit 23 Versuchen an Kaninchen verglich, daß die Sensibilität mehr oder minder normal war. Die Lähmung bei den Kaninchen war in 3 bis 4 Wochen restauriert. Die Nervenbahnen waren in ihrem Leitungsvermögen nicht direkt geschädigt, es handelte sich nach Leser um Lähmungen rein myogenen Ursprunges. — Kaempf[12]) tritt noch mit Leser für den myogenen Charakter der Lähmung ein: „Die Nervenbahnen sind in ihrem Leitungsvermögen keineswegs geschädigt. Dieser Umstand ist von großer diff. diagn. Bedeutung und beweist zugleich, daß die ischaemische Lähmung rein myogenen Ursprunges ist.“ —

Es wurden dann eine Anzahl von Arbeiten publiziert wie die von Sonnenkalb[13]): Ein Fall von ischaem. Lähmung nach Anlegung eines Verbandes, wo neben Contractur erhebliche Sensibilitätsstörungen konstatiert wurden. Dann Litten[14]): Ein Fall von Thrombose der Art. fem., wo die microscop. Untersuchung

---

11) Leser: Samml. klin. Vorträge v. Rich. v. Volkmann, 249 chir. Nr. 77, 1884.
12) Kaempf: Diss. Berlin. 1897. L. c. p. 7, 8, 9.
13) Sonnenkalb: D. med. Wochenschrift 1885, Nr. 17.
14) Litten: Ueber embol. Muskelveränderungen u. Resorption toter Muskelfasern. Virch. Arch., Bd. 80, 1878.

Kernvermehrung, Körnelung der verschmälerten Muskelfasern, Bindegewebsvermehrung zwischen den Muskelfibrillen ergab. Ferner Petersen [15]) und Niessen [16]), die bei kaum fühlbarem Radialispuls und Sensibilitätsstörungen, die el. Erregbarkeit vom Nerven aus immer erloschen sahen, die dir. Erregbarkeit dagegen teilweise ebenfalls erloschen, teilweise erhalten. Molitor [17]) fand bei Zerreißung der Art. brach. durch Humerusfractur microscop. an manchen Stellen kleinzellige Infiltration, Muskelfasern von rundlich-ovaler Form ungleicher Färbung mit verlorengegangener Querstreifung. Ebenso teilweise Sensibilitätsstörungen. Langer [18]) wiederum bei einer Embolie der Art. brach, zuerst schlaffe, dann nach 7 Stunden starre Lähmung und Contractur. Die el. Erregbarkeit war nach 5 Stunden erloschen. Hoynck [19]) nimmt, auf Grund der starken Veränderungen an den Nn. peronei bei seinem Falle von Septicopyaemie — wo die nervösen Störungen zugleich mit dem Gefäßverschluß eintraten — an, daß diese Degeneration auf die Ischaemie zurückzuführen sei und kommt zum Schlusse, daß wenn auch nicht ausschließlich die Degeneration der Nerven die Lähmung herbeigeführt habe, so doch die Wahrscheinlichkeit bestehe, erst eine neurogene Lähmung anzunehmen, die später durch die stürmisch einsetzenden Muskelveränderungen verdeckt werde.

Erst Riedinger [20]) ist der erste, der weiter geht und findet,

---

[15]) Petersen: Arch. f. klin. Chir. 1888. S. 375 u. f.
[16]) Niessen: D. med. Wochenschrift 1890, Nr. 35.
[17]) Molitor: Beiträge zur Klin. Chirurgie, 1889, p. 447 u. f.
[18]) Langer: Citiert nach Lorenz: Ueber Muskelerkrankungen. Nothnagel, Bd. XI, S. 57.
[19]) Hoynck: Diss. 1902, p. 31, 32.
[20]) Riedinger: Münch. med. Wochenschrift 1902, Nr. 25, p. 1074. Es sind daselbst 4 Fälle citiert:
1°. Fractura antebrachii. Anlegung einer volaren Schiene. Am 2. Tage Abschnürungssymptome: Schwellung, Muskelstarre, später dann Contractur an Daumen, Zeig- und Mittelfinger, sowie schlaffe Lähmung.
2°. Abquetschung des Zeigefingers. Anlegen einer circul. Gummibinde. Später stellte sich Ancylose und Contractur der Finger und des Handgelenkes ein, sowie Muskelschwund, da, wo der cirkuläre Verband gelegen hatte. Die peripheren und die cirkulären Muskelpartien waren intakt, entgegengesetzt der Volkmann Leser'schen Theorie.
3°. Ellbogenfraktur: Ischaemische Muskellähmung ohne jeglichen Verband.
4°. Unfall, Quetschung des M. deltoïdes, nachher Contractur und schlaffe Lähmung. Beschuldigt wird die hochgradige Schwellung der Muskulatur.

daß nicht Absperrung des arteriellen Blutzuflusses Ursache der Lähmung und Contractur ist, sondern, daß allein schon eine Compression des Muskels dahin reicht, solche zu erzeugen, besonders wenn beobachtet wird, daß die Atrophie nur so weit reicht, als ein schnürender Verband gelegen hat, und daß jenseits der Schnürstelle sich Muskeln befinden, welche unversehrt geblieben sind. Nach Riedinger [21]) ist es daher kaum möglich, die Absperrung als das einzige Moment anzusehen; auch ist es nicht der obige äußere Verband allein, sondern auch der innere Druck, die Gewebsspannung, die die Muskeln zum Absterben bringt, besonders deshalb, weil die Muskeln wenig Compressibilitäts- und Anpassungsfähigkeit besitzen.

Seit einigen Jahren (1905) beschäftigt sich Hildebrand [22]) mit der Frage über Ursache und Charakter der ischaemischen Lähmungen und Contracturen. — In seinen älteren Arbeiten spricht sich H. dahin aus, daß das charakteristische die Ischaemie und die primäre Lähmung sei; daß hingegen, entgegengesetzt der Volkmann-Leser'schen Theorie, infolge der gefundenen Sensibilitätsstörungen eine mangelhafte Ernährung der Nerven stattfinde, in dem secundär die starren Muskelfasern die Nervenstämme comprimieren; dadurch werde der Muskel wiederum indirekt vom Nerven aus geschädigt, funktionsunfähig. Aus der starren Muskelpartie herauspraeparierte unter die Facie gelagerte Nerven, geben der Muskulatur die Motilität und Sensibilität zurück.

Der gleichen Ansicht ist auch Hildebrand [23]) in seiner Lehre von den ischaem. Muskellähmungen und Contracturen wenn er sagt: „Wenn auch kein Zweifel besteht, daß tatsächlich die Ischaemie der Muskeln die Hauptsache darstellt, so ist es mir ebenso zweifellos sicher, daß die Nerven in verschiedener Weise an dem Zustande beteiligt sein können und ein Teil davon im Krankheitsbilde beruht." An anderer Stelle [24]): „Daß die ischaemischen Muskellähmungen nicht allein auf Nervenlähmungen beruhen, beweisen die vorangehenden Zirkulationsstörungen, die Schwellung der Muskeln, die starre Handstellung und die der Finger, ein Zustand, der unabhängig ist vom Einfluß der Nerven."

---

[21]) idem: L. c.
[22]) Hildebrand: Berl. Klin. Wochenschrift, 1905, p. 1058.
[23]) Hildebrand: Die Lehre v. d. isch. Muskellähmungen und Contracturen, Sammlung Klin. Vorträge von R. v. Volkmann, Neue Folge 15, Serie 437, chir. Nr. 122, p. 559—584.
[24]) L. c. p. 572.

— Der Entstehungsweise nach werden die Fälle in 3 Gruppen geteilt:

1°. Knochenverletzungen der Fossa cubiti, Laesion und daran sich anschließende Thrombosierung der Art. cubitalis, daraus soll eine ungenügende Ernährung der Nerven resultieren, die sich zunächst in einer Steigerung der Erregbarkeit, dann in Degeneration geltend mache. Früh sollen also Erscheinungen auftreten von Seiten der Nerven, wodurch auch die von ihnen versorgten Muskeln in Mitleidenschaft gezogen werden (umsomehr als die Muskeln eine weitgehende Abtrennung von den ernährenden Gefäßen vertragen, solange der Nerv intakt bleibt). „Der Nerv ist das Lebenselement des Muskels."

2°. Frakturen des Vorderarmes, Eintreten von ischaemischen Erscheinungen, ohne daß ein Verband gelegen hätte, dadurch, daß durch die Verletzung ein subfascialer Bluterguß bestand, welcher zwischen den Muskeln gelegen, die Weichteile so comprimieren kann, daß die peripheren Arterien nicht mehr pulsieren, wo sich aber nach Spaltung der Haut und der Fascie die Pulsation wieder einstellt.

3°. Bei Verbänden, durch Druck auf die Venen. Der Vorgang ist folgender: Zuerst werden die subcutanen Venen und Muskeln comprimiert, es entsteht hier Stauung, das venöse Blut fließt dann durch die tieferen Venen ab, die weniger dem Druck ausgesetzt sind. Dadurch entsteht hoher Druck im Innern, es werden die Capillaren zugedrückt, die kleinen Arterierien folgen nach. Es kommt zur oedematösen Durchtränkung des Gewebes. Der andauernde arterielle Blutzufluß erhöht den Druck allmählich immer mehr. Die Ausfüllung des Verbandes wird allmählich so stark, daß auch der arterielle Zufluß gehindert ist, es kommt zu Stase und in letzter Linie treten dann die Nervenerscheinungen hinzu, wenn schließlich auch die Nervenbahn comprimiert wird.

Klinisch zeigten sich, solange der Verband lag, Schmerzen, Stauungserscheinungen an den Fingerspitzen, Blaufärbung und Blasenbildung. Nach Lösen des Verbandes: Starke Schwellung des Armes und der Hand, bei Kühle der ganzen Extremität, allmählich folgte dann ein Schwund und ein Hartwerden der Muskulatur: Die Contractur. — Macroscopisch a. S. und microscopisch fand Hildebrand ungefähr dieselben Veränderungen, wie sie Leser gegeben hat: Das Volumen ist reduziert, die Muskeln sind hart,

schwartig, steif, ganz auffallend trocken, speckig gelbbraun, fast schwefelgelb, wenig dehnbar und brüchig, wenig bluthaltig. Im acuten Stadium sind sie blaß gequollen, fast wie gekocht, bluten nur minimal. — Microscopisch findet sich Zerklüftung, Vacuolenbildung, flaschenförmige Verdickung der Muskelfasern, eine Abnahme bis völliges Fehlen der Muskelkerne. In späteren Stadien findet sich der Hauptsache nach derbes Bindegewebe mit wenig Kernen, dazwischen hie und da einige Muskelfasern.

Endlich in einer kleineren, neuen Mitteilung [25]) wird ungefähr das Gleiche dargebracht wie in der vorigen Arbeit, daß ischaemische Contractur ohne Verband eintreten könne, und der Grund in einer Verletzung der Arterien gegeben sei, insbesondere der Art. cub. durch deren Zerreißung ein Haematom entstehe. Dieses Haematom soll nun in erster Linie behindernd auf den Collartralkreislauf wirken. — Besonders bei Kindern kann ein Radialis oder Ulnarispuls bei den zarten Verhältnissen leicht unterdrückt werden. Hildebrand empfiehlt deshalb stets den Ulnaris- resp. den Radialispuls zu prüfen und wo solcher nicht konstatiert werden kann, jeglichen cirkulären Verband wegzulassen. — An dieser Stelle sei nun auch erwähnt, daß es früher zwei entgegengesetzte Ansichten gab betreffend Indication zur Anlegung eines Verbandes. Die einen warnten vor Anlegung eines frühzeitigen Verbandes. Hieher sind zu zählen Volkmann [26]), der sagt, daß Frakturen an Ellbogen und Vorderarm ohne Gipsverband zu behandeln sind, auch Helferich [27]) warnt für die erste Zeit vor der Anwendung eines Gipsverbandes, ebenso Schede [28]) und Bardenheuer [29]). Keferstein [30]) spricht sich dahin aus, so viel als möglich von Gips- und Schienenverbänden abzusehen oder wenigstens mit Helferich [31]) mindestens acht Tage bis zur Anlegung eines Verbandes zu warten. Die andern, wie

---

[25]) Hildebrand: Ischaemische Muskelcontracturen und Gipsverband. Deutsche Zeitschrift für Chir. November 1908, p. 301.
[26]) Volkmann: Beiträge zur Chirurgie 1881, Nr. 51.
[27]) Helferich: Münch. med. Wochenschrift, Nr. 12, 1892.
[28]) Schede: Verhandlungen d. deutsch. mediz. Gesellschaft für Chirurgie, 1882, XI. Congress.
[29]) Bardenheuer: Verletzungen der ob. Extremitäten. 1888, II. Teil. Chir. Lief. 63 b.
[30]) Keferstein: Beiträge zur Casuistik d. ischaem. Lähmungen und Contracturen: Diss. Göttingen 1892.
[31]) Helferich: L. c.

Landerer[32]), sind für sofortige Reposition zugunsten einer guten Stellung der Fragmente in Schienen und Gipsverband. — Diese Ansichten waren das Resultat einer vorausgegangenen Periode, da man alle Frakturen mit Gipsverbänden behandelte und wo die ischaemischen Contracturen besonders gehäuft auftraten. Es gab eine Zeit, in der man der Ansicht war, daß Ischaemie überhaupt nur nach Gipsverbänden eintrete. — Seit dem man aber gelernt hat, durch ausgiebige Polsterung der Extremität genügend Spielraum zu gewähren, sind auch die Fälle an Frequenz ganz bedeutend gesunken, ja man ist in der Jetztzeit so weit gekommen, daß man es einem Arzte nur sehr ungerne verzeiht, wenn er der Urheber einer ischaemischen Contractur beschuldigt werden kann!

Endlich Bardenheuer[33]) in neuester Zeit faßt den Begriff der ischaemischen Muskelentzündung viel weiter: Eine jede Compression der Gefäße, zum Beispiel der Druck seitens des luxierenden oder abnorm rotierten Humeruskopfes, bei der Narkose, bei der Entbindung, kann neben der Lähmung auch eine ischaemische Muskelentzündung zur Folge haben. Als Ursachen sind überhaupt nach Bardenheuer zu erwähnen vor allem Unterbrechung des zu- oder abführenden Blutstromes, welche bedingt sein kann durch:

1°. Einen Embolus.
2°. Druck seitens eines Fragmentes.
3°. Druck von Seiten eines Callus.
4°. Von Seiten einer benachbarten Entzündung.
5°. Durch Erfrierung und Verbrennung.
6°. Von Seiten eines zu engen Verbandes.
7°. Fast ausnahmslos durch eine Intimaruptur.
8°. Am häufigsten durch eine Combination der Fälle 1°—7°.

Während die leichten Grade ausheilen, führen stärkere zu Klauenhand, hochgradige Ischaemie erzeugt verjauchende Nekrosis der Muskulatur mit Phlegmone der Haut, die höchsten Grade führen zu Gangraen. In den musculären Symptomen treten noch die neuralen hinzu, deren Ursachen B. folgendem schuld gibt.

1°. Nach Lapinsky: Einer primaeren Ischaemie einer Neuritis parenchymatosa.

---

[32]) Landerer: Sammlung Klin. Vorträge v. R. v. Volkmann, Nr. 19. 1891 Leipzig.
[33]) Bardenheuer: D. Zeitschr. f. Chir. Dez. 1908, p. 136 u. f.

2⁰. Compression und Strangulation der Nerven durch das Narbengewebe.

3⁰. Laesion der Nerven an der Frakturstelle.

Thomas[34]) endlich findet bei arteriellem Abschlusse schlaffe Lähmung und legt ein Hauptgewicht auf die Nervenbeteiligung, wenigstens findet er in seinen zwei Fällen den Mediamus und Ulnaris in Narbengewebe eingebettet. Nach Auslösung aus demselben stellte sich später wieder fast die ganze Beweglichkeit der Finger ein. W. Harris[35]) fand bei seinen Fällen die Muskeln faradisch gut erregbar, zwar soll ein stärkerer Strom angewendet werden müssen als beim normalen Muskel. An den Nerven konstatte er Ea. R und infolgedessen Anaesthesie im zugehörigen Gebiete. Die ganze Veränderung soll eine primäre Muskelcontractur durch nekrotischen Zerfall des Gewebes infolge Mangel an arteriellem Blute sein. Die Neuritis, eine sekundäre Erscheinung, dann wenn irgend ein Grad von ischaemischer Myositis vorausgegangen war, teils direkt durch Druck des Narbengewebes, teils auch indirekt durch einen blutleeren Zustand der Stämme selbst. —

Nach allen den klin. Erscheinungen: den muskulären, den nervösen, sind deshalb auch in verschiedener Hinsicht, experimentelle Versuche angestellt worden, die, wenn auch keineswegs immer zur Aufklärung der Frage ausgeführt, doch Licht über das Ganze geworfen haben: Die Versuche gehen nach folgenden Richtungen:

I. Unterbindung von Arterien
   1⁰. mit Freilegen der Nerven;
   2⁰. mit Nervenquetschungen.

II. Constriction ganzer Extremitäten.

III. Resection von Nerven.

I. Unterbindung von Arterien: a) unter dieser Rubrik sind vor allem zu erwähnen die Versuche von Lapinsky[36]), welcher nach Unterbindung der Art. iliaca-communis und Freilegen der Nerven, niemals Contracturen, niemals erhöhte Reflexe, niemals vermehrte Resistenz der Muskeln, stets nur schlaffe Lähmung erhielt. L. sagt selbst: „Eine ischaemische Contractur

---

34) Thomas: Nerve involement in the ischaemic paralysis and contractur of Volkmann. Aus Zentralbl. f. Chir. Nr. 40. 1909.

35) W. Harris: in Mediz. Klinik 1909, Nr. 4, p. 145 u. Brit. Journ., 26. Sept. 1908, p. 919.

36) Lapinsky: D. Z. F. Nervenheilkunde 1900. S. 323—338.

wurde bei unsern Versuchen kein einziges Mal bemerkt, auch blieb die typ. erhöhte Resistenz der ischaemischen Contractur aus. In Wirklichkeit besteht nur ein schlaffes Herabhängen der Extremität.“ Mikroskopisch fand sich:

An den Muskeln:
Muskelfasern gequollen, Kerne gequollen, matt gefärbt. Zahl unverändert.

An den Nerven (4 h. post op.):
Myelinscheiden zerfallen, Achsenzylinder durch Safranin stellenweise schwach gefärbt, zum Teil stark angeschwollen. Vasa nervorum leer.

Physiologisch wurde beobachtet:
Eine plötzliche schlaffe Lähmung der Extremität, bei Kälte derselben. Ein Schwinden der Sensibilität nach 1 Stunde; ein Erlöschen der Haut- und Sehnenreflexe und ein baldiges Sinken der elektrischen Erregbarkeit.

Es sind nach ihm diese Erscheinungen eine Folge der Lähmung des peripheren Neurons auf Grund von Ischaemie der betreffenden Nerven (Leere der Vasa nervorum). Diese Ischaemie kann zustande kommen, entweder indirekt durch Schwellen der Schwann'schen Scheide und der gequollenen bindegewebigen Elemente, oder auch direkt durch Ischaemie des Gewebes überhaupt.

In die gleiche Gruppe von Versuchen gehört der schon oben erwähnte von Stenson, resp. modifiziert von Schiffer[37]).

b) Auf klinischer Tatsache beruhend, daß bei Frakturen eine wahrscheinliche Verletzung der Arterien, sowie Nervenzerrung stattfinde, hat Hildebrand[38]) eine Anzahl Experimente gemacht, die auf Unterbindung von Arterien mit gleichzeitiger Quetschung von Nerven beruhen. Die Versuche gehen nach folgenden Richtungen:

1. Unterbindung der Art. fem., darnach feste Einwicklung der Extremität mit Flanellbinde, während 24 h. liegen gelassen: Es resultierte: Parese, schlaffe Muskeln. Mikroskopisch keine Veränderungen.
2. Unterbindung wie bei 1. 2 h. später Anlegen von Flanellbinde. Nach 24 h. Parese. Mikroskopisch o. B.

[37]) Siehe bei Haller.
[38]) Hildebrand: L. c. 1905. Sammlung Kl. Vorträge, p. 577 etc.

3. Unterbindung beider Aa. femorales; rechts Quetschen des N. ischad. Stärkebindeverband während 3×24 h.
   links: schlaffe Lähmung;
   rechts: weniger, mit geringem Spasmus, Muskeln mehr anaemisch als links, mäßige derbe Consistenz, beidseits fettige Degen. der Muskelfasern mikroskopisch.
4. Wie bei 3. Nach Abnahme eines 24 h. Compressionsverbandes, werden beide Beine nachgezogen, rechts war die Lähmung geringer.
5. Versuch wie bei 4. Abnahme der Binde nach 28 h. Rechtes und linkes Bein schlaff gelähmt.
6. Derselbe Versuch mit Durchschneidung der Nerven. Nach 6 Tagen bei Abnahme des Compressionsverbandes vollkommene Paralyse (schlaffe). Muskeln ganz atrophisch.
7. Kontrollversuch zu 6. Derselbe Befund.

Aus H. Versuchen geht hervor, daß eine Veränderung am Muskel vorliegt, bestehend in fettiger Degeneration, zumteil Atrophie; ein Zustand aber, wie er bei ischaemischer Lähmung ist, wurde nie beobachtet.

II. Zur zweiten Kategorie: Constriction ganzer Extremitäten: gehören die Versuche von:

1. Heidelberg[39]). Abschnürung von Extremitäten mittels Gummischlauch. Nach Abnahme der Ligatur war die Extremität geschwollen und gelähmt. Nach einigen Tagen verlor sich die Schwellung und die Lähmung. Mikroskopisch fand sich Schwund der Muskelkerne, später eine zellige Infiltration. Eine Ligatur von 2×24 h. hatte völlige Nekrose zur Folge.
2. Erbkam[40]) macht folgende Versuche:
   a. Constriction mit Schlauch während 10 h.:
   α) Sofortige Tötung:
   mikroskopisch: Kernvermehrung, contractile Substanz in Zerfall, glanzartige Muskulatur wie bei wachsartiger Degeneration Zenkers.
   β) 14 h. später getötet:

[39]) Heidelberg: Zur Patholog. d. quergestreiften Muskeln. Klebs Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakologie, Bd. VIII.
[40]) Erbkam: Aus Centralbl. f. Chirurg. 12. 1896.

Nervenstämme sind hyperaemisch, Muskeln schollig zerfallen.

γ) Nach 9 Tagen getötet:
körniger, trüber Muskel, mit starkem Oedem.

b. Constriction während 5½ h.:
Nach 41 Tagen besteht keine Lähmung mehr, Bein im ganzen dünner. Mikroskopisch: reichliche Bindegewebswucherung.

3. Strahl[41]) findet ebenfalls einen Zerfall der Muskelelemente in der Längsrichtung, sowie reichliche Stellen von typhusähnlich erkrankten Stellen. Nach ihm stirbt die Muskulatur infolge mangelhafter Blutzufuhr ab, ohne jedoch die Struktur zu verlieren und erst wenn das Blut wieder in Zirkulation gerät, kommt es zu Zerfall und Resorption. Es handelt sich nach ihm deshalb um einen Vorgang an toten Zellen, wobei dann eine starke Reaktion des geschädigten Gewebes eintritt: eine interstitielle Gewebswucherung.

4. Leser[42]) machte Versuche an 23 Kaninchen durch Abschnürung der hintern Extremitäten mittels Bindetouren. Der Verlauf war so, daß nach 3 Stunden die Extremität kühl, schlaff gelähmt war. Nach 24 Stunden begann Schwellung und Temperatursteigerung. Nach 48 Stunden bestand starke Schwellung, die Muskulatur bretthart, rigide, schmerzhaft. Nach Abnahme trat eine narbige Schrumpfung ein. Die Lähmung bei den Kaninchen war in 3—4 Wochen verschwunden. A. S. bemerkte Leser eine trübere, mehr helle, fast weiße Farbe des Muskels[43]). Die Fasern der Primitivbündel zeigen eine starke Querstreifung, andere sind in die Bowmann'schen Discs zerfallen[44]). Die Muskelkernverteilung bei diesen Fasern war eine normale, nie konstatierte er eine Kernvermehrung. Den Primitivbündeln aufsitzend, sah er Leucocythen, oft auch bestand eine größere Anhäufung solcher, schließlich Bildung von jungem Bindegewebe. Fettige

---

41) Strahl: Arch. f. exp. Pharmakol., Bd. 13. 1881.
42) Leser: L. c.
43) Comp. bei Lieutaud, Portal in Virch. Arch. Bd. IV. Ueber Muskelrheumatismus.
44) Nach Kölliker: Gewebslehre: lassen sich normale Muskelfasern durch Zusatz von H. Cl. in die Bowmann'schen Discs zerteilen.

Degeneration beobachtete er nie. Bei Osmuimfärbung zeigten sich die Endothelien der Uebergangsgefäße und der Capilleren des isch. Bezirkes nicht platt, sondern mehr zylinderisch mit runden Kernen[45]). Was die Regeneration bei diesen Vorgängen anbetrifft, so fand Leser, daß nach Ablauf von 7 Tagen nach Abnahme der Binde, in den normal erhaltenen Fasern die Kerne sich vermehrten, ein semelweise sich Aneinanderlagern stattfand. Die äußern fand er konisch zugespitzt, während die innern das Bild der sogen. Waldeyer'schen[46]) Muskelschläuche boten. Je stärker die Infiltration war, desto weniger war eine Regeneration zu beobachten. „Die Infiltration", sagt Leser[47]), „scheint die Muskelneubildung zu verhindern, beide stehen in einem umgekehrten Verhältnis."

III. Zur dritten Kategorie der Resektion von Nerven gehören die Versuche von Ricker[48]), nach welchen sich in den Muskeln bald Hyperaemie, sowie Oedem einstellen soll, mikroskopisch Verdickung des Muskelfasern, Oedem und hyaline Umwandlung. Steinert[49]), Morpugo[50]) fanden oedematöse Schwellung allein. Mantegazza[51]) will nach Resektion des N. ischiad. eine Hypraemia neuroporalytica beobachtet haben.

Kurz zusammengefaßt, geht aus allen den Fällen hervor, daß alle Untersucher übereinstimmend den Grund in einer Zirkulationsstörung erblicken. Was die Art der Zirkulationsstörung

---

45) Renaut: Note sur la forme de l'endothel des arter. des vesicules et des capill. sanguin. (Arch. de physiol. 1881, Nr. 2, p. 191—193): Es sollen nach R. die Endothelien ellastisch sein und beständig einen Gegendruck auf das zirkulierende Blut ausüben, welcher Druck aber eben dem ischaemischen Bezirke fehlen soll: dadurch die eigenartige Gestaltung der Endothelien.
46) Vergleiche bei Kraske.
47) Leser. L. c., p. 2113.
48) Ricker.
49) Steinert.
50) Morpugo.
51) Mantegazza: (c. bei Hermann: Lehrbuch d. Physiologie.)

anbetrifft, so ist zu erwähnen, daß die älteren Ansichten dahin lauten, daß dem Abschluß des arteriellen Zuflusses ein Hauptgewicht zukomme (Volkmann-Leser). Später legt man neben dem arteriellen Abschluß auch ein Moment auf die venöse Stauung (Riedinger). Wenn in der Folgezeit wieder mehr auf eine mangelhafte Versorgung vom arteriellen System Hauptgewicht gelegt wird (Hildebrand), so wird in neuester Zeit (Hildebrand's dritte Mitteilung) mehr die Ansicht vertreten, daß venöse Stauung, infolge eines subcutanen Haematoms „nur" begünstigend auf die Entstehung einer ischaemischen Contractur wirke. — In neuester Zeit wird von Bardenheuer der Begriff der ischaemischen Lähmung viel weiter gefaßt, indem nach jeder Compression auf das Gefäßsystem sich eine ischaemische Muskelentzündung anschließen kann. (Entbindungs-Narcosenlähmung.)

Wie schwankend die Ansicht über die Entstehung ist, ebenso wechselnd ist die Anschauung über den Charakter der Lähmung. Die ersten Ansichten sprechen sich für den myogen Ursprung aus (Volkmann-Leser). Eine zweite Gruppe tritt für den neurogenen Charakter ein (Chvostèk - Mannkopf, auch Lapinsky). Wieder eine dritte Gruppe (Hildebrand's Mitteilungen) ersieht die Lähmung als primaere Muskellähmung mit sekundärer, consecutiver Nervenbeteiligung. Eine letzte Gruppe macht aus der Veränderung an der Muskulatur im Verein mit den nervösen Störungen einen coordinierten Prozeß (Bardenheuer).

An den oben angeführten 3 Kategorien von Versuchen ist ersichtlich, daß die Experimente bestehen in 1. Unterbindung von Arterien, 2. in Constriktion ganzer Extremitäten, 3. in Nervenquetschungen. Keine dieser Methoden führte zu einem endgültigen Resultate, am meisten näherten sich die Versuche mit Constriction ganzer Extremitäten.

Es besteht noch die Frage, wie sich die Verhältnisse gestalten bei Unterbindung der abführenden Gefäße, der Venen. Es ist dies eine Frage, wie sie aufgeworfen wurde von Herrn Wilms, ausgehend, daß bei zu eng anliegenden Verbänden zuerst die subcutanen Venen comprimiert werden; es entsteht hier Stauung, das venöse Blut fließt durch die tiefer gelegenen Venen ab, die weniger dem Drucke ausgesetzt sind. Dadurch entsteht auch hoher Druck im Innern, es kommt zu oedematöser Durchtränkung des Gewebes. Der andauernde arterielle Zufluß erhöht den Druck immer mehr. Die Ausfüllung des Verbandes

wird ein maximaler. Durch den allseitigen Druck kommt es zur Schädigung der Muskulatur, in der Weise, daß infolge der kolossalen Stauung eine blutige Infarcierung entstehen kann, welche dann später eine reaktive, interstitiell gelegene Entzündung nach sich ziehen soll, die schließlich zur Schrumpfung führt.

Bevor diese theoretische Ueberlegung im Experiment geprüft wird, seien vorerst eine Reihe von Versuchen angeführt, welche folgendes bezwecken: Behinderung des venösen Abflusses, in der Weise, daß allerdings die Stauung nur eine oberflächliche und der collaterale Abfluß nach der Tiefe ein genügender ist: Es sind dies:

I.. Versuche mit Bier'scher Stauung:

1⁰. Versuch: (28. XII. 08; 4 h. p. m.) Rechter hinterer Lauf eines Kaninchens wird hoch oben am Oberschenkel während 24 h. mit Gummibinde nach Bier gestaut. Während der ganzen Versuchszeit war der Puls unterhalb der Staubinde fühlbar, die Pfote wurde nie nachgezogen; die Temperatur war gegen Ende der Stauung gegenüber links etwas erhöht. Der Verlauf der Schwellung war folgender:

Dicke des Laufes	vor dem Versuch	nach 4 Stunden	nach 16 Stunden	nach 24 Stunden	nach 26 Stunden	nach 48 Stunden
Direkt unter der Binde	9,0	9,0	11,0	13,0	12,0	—
Direkt über der Pfote	4,0	4,0	7,0	8,0	8.0	8,0

1. I. 09: Die Schwellung hat sich am ganzen Laufe allmählich verkleinert.

14. I. 09: Keinerlei funktionelle Störung.

30. II. 09: Restitutio ad integrum.

2⁰. Versuch: (28. XII. 08; 6½ h. p. m.) Dieselbe Anordnung wie bei Versuch 1. Die Staubinde wird 3 × 24 h. liegen gelassen. Die Schwellung verläuft wie bei Fall 1. — Nach 24 h. Injektion von $^1/_{10}$ Prav. Adrenalin 1 : 1000 unter die Rückenhaut. Die Temperatur des Beines ist etwas erhöht, die Muskulatur geschwollen, die Extremität wird nachgezogen. Um intensivere Gewebsschädigung zu verhindern, wird die Schlinge etwas gelockert. — Nach 2 × 24 h.: Puls distal fühlbar, Extremität stark geschwollen, heiß anzufühlen. — Nach 3×24 h. hat die Schwellung nur merklich zugenommen, sodann Abnahme der Binde. In den nächsten Tagen geht die Schwellung allmählich zurück, es bleiben keinerlei funktionelle Störungen. An der Umschnürungsstelle zeigt sich nach einer Woche deutliche Drucknecrose, besonders an den Stellen, wo der Knochen nahe unter der Haut liegt. Die Haare sind circulär ausgefallen,

Haut leicht ulceriert. Es scheint, daß im Tierversuch besonders die Stelle gefährdet ist, wo die Staubinde gelegen hat.[1]) Außer der erwähnten Drucknecrose zeigen sich nach 4 Wochen keinerlei Abnormitäten, weder in funktioneller Hinsicht, noch in abnormer Stellung der Extremität, insbesondere der Krallen.

3⁰. **Versuch:** Dieselbe Anordnung wie bei Fall 2. 15. I. 09: Anlegen der Bier'schen Staubinde, eine Stunde später: 5. h. p. m. Injektion von $^2/_{10}$ Prav. Adrenalin 1 : 1000 unter die Rückenhaut.

16. I. 09: 8 h. a. m. Extremität geschwollen, wird nachgezogen. Auf Nadelstiche distal von der Stauungsbinde reagiert das Tier prompt. Sodann Injektion von $^1/_{10}$ Prav. Adrenalin.

4 h. p. m. abermals Injektion derselben Menge 8 h. p. m. Extremität stark geschwollen, Haut gespannt, Puls distal fühlbar, Sensibilität erhalten.

17. I. — 8 h. a. m. und 12 h. je $^1/_{10}$ Prav. Adrenalin. 4 h. p. m. Abnahme der Binde.

18. I. — 4 h. p. m. wird Tier getötet.

Macroscopisch: a. S. ist das Gewebe weich, oedematös durchtränkt, hellrot, blutreich.

Microscopisch: Im Querschnitt sind die Primitivbündel im ganzen etwas gequollen, sehen trüb, homogen aus, Protoplasma zeigt stellenweise Körnelung. Die Lücken zwischen den einzelnen Bündeln weit, durch das Oedem auseinandergedrängt; sonst im interstitiellen Gewebe keine weitern Veränderungen. Im Längsschnitt ist die Querstreifung undeutlich, eigentlich ganz verloren gegangen. (v. Fig. 1.)

4⁰. **Versuch:** Kontrollversuch ad 3. Das Kaninchen wird lebend erhalten. Am 18. II. — (nach 4 Wochen) zeigt sich auch hier keine Abnormität in der Stellung der Extremität.

In diese Gruppe von Versuchen möge auch kurz noch der sog. „Klopfversuch" aufgenommen werden, beruhend auf Entstehung eines subcutanen Oedemes durch fortgesetztes Beklopfen ein und derselben Stelle. Es ist dies eine Erscheinung, wie sie bei vielen jungen Klinikern auftritt, die nach einem Percussionskurse am Mittelfinger der linken Hand eine Rötung, Schmerzhaftigkeit, ja Schwellung beobachten können. Die Rötung und Schmerzhaftigkeit verliert sich allerdings in kürzester Zeit, tritt

[1]) Comp. bei Frangenheim: Wirkung der Bindenstauung im Tierexperiment (Arch. f. klin. Chirurgie 1908, Bd. 87, p. 416). F. beobachtet dieselben Veränderungen; und Joseph und Schließ: (Der Gewebestrom unter der Stauungshyperaemie. D. med. Wochenschrift 1908, Nr. 11 und 12) finden, daß Farbstoffkörper, die sie injicierten unterhalb den laedierten Stellen, daselbst aufgehalten werden und durch den Gewebestrom nicht weiter transportiert werden.

aber bei jedem erneuten Versuche wieder intensiv auf: Es sei der Tierversuch kurz erwähnt:

5°. **Versuch:** 19. I. 09: In Narcose wird der rechte Oberschenkel eines Kaninchens mit leichtem Holzstab während 15 Minuten geklopft. Nach dem Versuch wird die Extremität nicht nachgeschleppt; auf Nadelstiche reagiert das Tier in der ganzen Länge der Extremität. Nach 24 h. wird das Experiment an derselben Stelle wiederholt. Der Verlauf der Schwellung ist folgender:

Umfang	vor dem Versuch	nach 4 Stunden	nach 16 Stunden	nach 24 Stunden	26 Std. n. d. 1. Vers., 2 Std. n. d. 2. Versuch	2 mal 24 St. (resp. 1 mal 24) n. d. 1. resp. 2. Vers.
Direkt unter d. Hüftgelenk	9,0	9,5	11,0	12,0	12,0	12,0
Direkt über d. Kniegelenk	4,5	4,5	6,0	6,5	7,0	6,5

Nach Ablauf von 4 Tagen läßt sich an der Extremität keinerlei funktionelle Störung, noch abnorme Stellung constatieren. Vielleicht nach Ablauf der gesagten Zeit etwas Ueberempfindlichkeit beim Berühren der Extremität.

Aus den Versuchen 1—5 geht hervor, daß die durch die Bier'sche Stauung hervorgerufene Schwellung an dem Gewebe keine besondere Veränderung hervorgerufen hat. Durch die Behinderung des Abflusses in den oberflächlich gelegenen Capilloren erhält sich der Druck und die Blutflüssigkeit sucht sich einen seitlichen Ausweg und führt zur Bildung des Stauungsoedemes. Dasselbe wird um so größer sein, je größer das Mißverhältnis ist zwischen Zu- und Abfluss: d. h. bei gleichem arteriellen Druck durch vermehrte venöse Stauung und bei gleich starker venöser Stauung durch Steigerung im arteriellen Systeme, also durch Injektion von Adrenalin. Es werden durch dieses Oedem die Muskelfasern auseinander gedrängt, ohne jedoch erheblichen Schaden zu leiden, indem ja die Stauung nur eine oberflächliche ist und der vorhandene collaterale Kreislauf vollständig genügt, die gestaute Blutflüssigkeit im Laufe der Zeit, durch die tiefer gelegenen Teile abzuführen. — Dadurch wird verhindert, daß das Gewebe, insbesondere das Muskelgewebe und speziell das oberflächlich gelegene durch einen eventuellen, constanten Druck in seiner Elastizität leidet. Solange ein gewisser Grad dieser Elastizität nicht überschritten wird, mit andern Worten ein allzu großer Druck durch die tiefer gelegenen Collateralbahnen ausgeglichen werden kann, so lange kann auch

das Muskelgewebe nicht geschädigt werden. Um eine Behinderung der Lymphe kann es sich ja gar nicht handeln, da viel zu reichliche Anastomosen (und auch Aufnahme wieder in die Gefäße) bestehen[2]). Eine richtig durchgeführte Stauung nach Bier wird nie zu wesentlichen - wenigstens macroscopisch und funktionell — Störungen führen, wie dies auch im entgegengesetzten Sinne durch eine in der Literatur bekannte klinische Erfahrung bewiesen ist[3]): „Ein junger Mensch infizierte sich durch einen Riß mit einer Glasscheibe am Mittelfinger. Es scheint zu einer Phlegmone gekommen zu sein, die der russische Arzt mit Stauung behandelte. Jetzt — 3 Monate nach Beginn der Erkrankung — kommt der Patient zu uns: In der Mitte des Oberarmes zahlreiche circuläre Narben und in Heilung begriffene, ringförmige, granulierende Schnürfurchen[4]), der Arm steht in Streckstellung unbeweglich fest. Mit sämtlichen Fingern sind nur leichte Winkelbewegungen möglich, enormes chronisches Oedem unterhalb der Abschnürung nicht etwa durch Sehnen necrosen, sondern allein durch die zu stark und zu lange fortgesetzte Stauung.“ — In gleicher Weise berichtet Schäfer[5]) über einen uns interessierenden Fall, wo sich bei einer Oberarmphlegmone die B.-Stauung als gefährlich erwies, wo zwar die Erkrankung in günstiger Hinsicht auf die Stauung reagierte, aber eine Radialislähmung entstand. - Es genügen die Mitteilungen, wie schon erwähnt, um zu zeigen, wie einerseits die Publikakationen von Bier in unklaren Fällen Verwirrungen hervorriefen und wie anderseits durch unzweckmässige und zu intensive Anwendung unreparable Schädigungen entstanden. —

Zur 2. Reihe von Versuchen gehören:

II. Versuche mit Unterbindung von Venen:

Es sei zum voraus bemerkt, daß in diesen sämtlichen Versuchen zur Vorbereitung des Operationsgebietes Depilatoïre — Kuhn und Alcohol angewandt wurde.

6[c]. **Versuch:** Doppelte Unterbindung der hintern linken Schenkelvene eines Kaninchens unter Freilassen der Art. fem.

3. II. 09. (1/2 6 h. p. m.): In Narcose Incision in der Schenkelbeuge: Freilegen der Vene und Arterie, darauf doppelte Ligatur der Vene. Die

[2]) Landerer: comp.: Die Gewebsspannung 1884.
[3]) Stich: Zur Behandlung acuter Entzündungen mittels Stauungshyperaemie. Berliner klin. Wochenschrift 1905, p. 1559.
[4]) Frängenheim comp.: D. Zeitschrift f. klin. Chir. 1908, Bd. 87, p. 416, und Joseph u. Schließ: D. med. Wochenschrift, Nr. 11 und 12.
[5]) Schäfer: B. Stauungsverfahren: D. med. Wochenschrift 1909, Nr. 19.

Arterie wird auf ein Muskelbett gelegt. Schließlich subcutan wird ein Kanülchenbändchen herumgeführt und die Weichteile des Oberschenkels zugeschnürt. Analog den Vorderarmfracturen wird gewaltsam eine Unterschenkelfractur erzeugt. Die Fracturstelle wird gut geschient und die ganze Extremität mit Heftpflaster gleichmäßig eingewickelt.

Während den 2×24 h., wo die Ligatur liegen blieb, stellt sich die Extremität der Längsachse des Tieres parallel; wird bald nachgezogen, bald rechtwinklig aduciert gehalten.

Nach 36 h. ist dieselbe stark geschwollen, fühlt sich heiß an. Auf Nadelstiche reagiert das Tier mit dem betr. Fuße.

5. II. 09 (5. 30. p. m.). Abnahme des Verbandes. Extremität geschwollen, heiß, Haut blaß. Sensibilität noch erhalten. Durch eine frische Incisionsöffnung wird das Kanülchenbändchen entfernt, das Gewebe ist blutig durchtränkt, oedematös. Es gelingt nur sehr schwer, das Bändchen aus dem Gewebe zu entfernen. Nach Schluß der Hautwunde wird in guter Schienung der Fracturstelle die Extremität eingebunden.

10. II. 09 Zunächt zeigt sich noch keine Veränderung im äußern Verhalten.

15. II. 09: Es hat sich eine Imobilisierung der Extremität eingestellt. Das Tier reagiert mit der Pfote nicht mehr auf Nadelstiche. Die Krallen stehen gebeugt. (N. tibialis.)

26. II. 09: Nach Entfernen des Verbandes zeigt sich die Extremität gangraenös. Das Knochenmark a. S. sulzig haemorrhagisch.

7⁰. Versuch: 10. II. 10. Kaninchen, braun. Unterbindung der Vena fem. sin. Am Knie wird eine größere Hautvene und oberflächlich gelegene Vene unterbunden, subcutane Catgoutconstriction an derselben Stelle, und schließlich forcierte Unterschenkelfractur. Nach Schluß der Hautnaht Anlegen eines Gipses. 11. II. 10 (10 h. a. m.). Pfote stark geschwollen, activ wird Extremität noch gebraucht. 11. II. 10 (8. h. p. m.) vollkommene Lähmung der Extremität.

8⁰. Versuch: Kaninchen, braun. Dieselbe Anordnung wie bei Versuch 7, jedoch werden die Nervenstämme oben am Oberschenkel nicht in die Constriction genommen.

11. II. 10 (10 h. a. m.). Pfote geschwollen, keine Temperaturdifferenzen, activ wird die Pfote gebraucht.

12. II. 10 2 h. p. m.). Nach 1×24 h. hat sich eine Lähmung der ganzen Extremität herausgestellt. Die Pfote fühlt sich kalt an, die Schwellung der Pfote hat nicht zugenommen. Tötung:

Macroscopisch: Die Haut leicht gerötet, die Muskulatur dunkel, oedematös, weich, eher zerfließlich.

Microscopisch: findet sich im gelähmten Muskelgebiete die Muskelschläuche selbst homogen, keine Kernfärbung mehr, einzelne Schläuche sind zerfallen, teils finden sich in ihnen Vacuolen. Interstitium zeigt neben dem starken Pigmentdetritus sonst keine Anhäufung von Blutzellen. Die Pigmentanhäufung ist dort am stärksten, wo die Muskelschläuche am meisten dem Zerfalle anheimgefallen sind. (Fig. 2.)

9⁰. Versuch: 8. II. 10 (4 h. p. m.) Affe:

In Aether-Chloroformnarcose wird am linken Arme die Vena brachialis ebenso die Cephalica im oberen Drittel des Oberarmes einfach unterbunden. Darauf Schluß der Hautwunden, steriler Verband; über das ganze wird ein ungepolsterter Gipsverband gelegt, der vom Operationsgebiet bis zu den Meta Carpo - phalangealgelenken reicht. — Die Finger werden mit Watte umwickelt.

9. II. 10. Nach ca. 24 h. zeigt sich deutliche Schwellung der Finger, sowie etwas Flexionstellung in den ersten Interphalalangealgelenken.

10. II. 10. Die Funktion der Finger ist gut. Schwellung hat nicht zugenommen.

24. II. 10. Nach 16 Tagen zeigt sich keinerlei Anomalie mehr. Tier braucht die Finger zum Klettern und Fressen gleich wie die rechte Hand.

4. h. p. m. Entfernen des Gipsverbandes: Mit Ausnahme einiger Schürfwunder. am Oberarme neben der Axilla von Seiten des Gipsverbandes zeigt sich sonst keine Anomalie in Funktion, noch in Gestaltung der Finger. Muskulatur fühlt sich weich an. Eine haemorrhagische Inforcierung des Hautgebietes findet sich nirgends. Der Versuch fällt also negativ aus.

10⁰. Versuch: 25. II. 10 (5 h. p. m.). Affe.

An demselben Tiere, welchem Vena brach. sin. und V. cephalica unterbunden, wird in der Axilla die Vena axillaris vorerst freigelegt, ebenso der Nervus med. radialis und ulnaris, sowie N. muscul cut.). Darauf die Vena axillaris abgebunden. Es zeigt sich innert 2—3 Minuten sehr starke blau-schwarze Verfärbung der Muskulatur und enorme Schwellung, die bis in die Fingerspitzen reicht. Unter Schonung der pulsierenden Arterie und der Nervenstämme wird nun direkt unter der Haut durch eine doppelt armierte Catgoutligatur Nr. IV gezogen und so die Weichteile constringiert. Nerven und Arterien kommen nicht in die Ligatur. Darauf Hautnaht und Gipsverband, reichend von I. Interphalaugealgelenken (links) bis nach oben um den Thorax.

26. II. 10 (10 h. a. m.). Die Fingerbeeren volar sind sehr stark geschwollen, Fingergelenksbewegungen werden auf Nadelstiche nicht ausgelöst. Temperatur wie rechts, ziemlich starke Blaufärbung.

27. II. 10 (10. h. a. m.): Nach 2×24 h. post op. hat die Schwellung der Fingerbeeren eher abgenommen. Die Blaufärbung ist noch angedeutet. — Die Finger werden activ nicht bewegt.

28. II. 10 (5 h. p. m.): Entf. des Gipsverbandes. Die Schwellung ist während den 3×24 h. ganz zurückgegangen und die Blaufärbung verschwunden. Die Flexions- und Extentionsbewegungen der Finger sind völlig normal; vielleicht ist die Extension um ein geringes vermindert. Die Muskulatur an Vorder- und Oberarm fühlt sich weich an, wie rechterseits. Eine haemorrhagische Infarcierung der Haut findet sich nicht vor.

1. III. 10 (8 h. a. m.): Die Finger zeigen eine vermehrte Flexionsstellung; bei passiver Extension fallen sie in die vorige Stellung zurück.

Die Hauttemperatur ist wie rechts, die Muskulatur weich. Hie und da zeigen sich einzelne muskuläre Zuckungen im Hand- und in den Fingergelenken volarwärts.

4. III. 10.: Nach 3tägiger Beobachtung haben sich die obigen Erscheinungen völlig verloren. Es zeigen sich keinerlei Anomalien.

Wenn in den 3 × 24 h. die Schwellung teilweise abgenommen hat, so hat das seinen Grund darin, daß die doppelt angelegte Catgoutligatur während dieser Zeit aufgelöst worden ist und dadurch dem venösen Blute durch die Weichteile der Rückfluß wieder frei stand. — Der Abfluß durch das Knochenmark dagegen stand immer frei. Hätte man durch Knochenmarksplomben und durch Weichteilsconstriction mittels Canülchenbändchen den Rückfluß ganz behindert, so würde sicher eine unmittelbare Gangraen der Extremität die Folge gewesen sein. Solches bewies ein erster und zweiter Versuch an Kaninchen, wo auch ohne Plombe, nur durch forcierte Knochenfractur, durch Abbinden der Ven. fem. und Constriction der Weichteile mit Canülchenbändchen nach 10 Tagen post op. sich eine totale Gangraen einstellte (Versuch 6). —

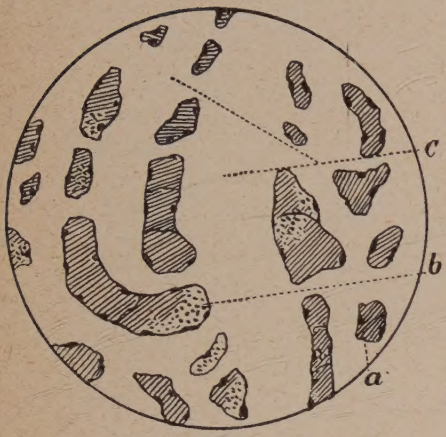
Ein Kaninchen ist nun allerdings viel weniger widerstandskräftig gegen so eingreifende Operationen als ein Affe. Es läßt sich dabei nicht ausschließen, ob beim Menschen nicht Verhältnisse existieren, die — bei denselben oben beschriebenen Bedingungen — ein positives Resultat zeitigen würden, sei es infolge einer verminderten Widerstandsfähigkeit der Muskulatur gegen die venöse Stauung und deren Druck (haemorrhagische Infarcierung), oder sei es infolge einer mangelhaften Ausbildung des collateralen Rückflusses. — Schließlich möge noch einmal kurz auf die klinischen Beobachtungen zurückgegriffen werden: Es ist auffallend, daß da, wo bei Fracturen ischaemische Contracturen aufgetreten sind, diese Fracturen meist ganz in der Nähe des Ellbogengelenkes saßen, daß also da die Verhältnisse zur Entstehung einer isch. Contractur besonders günstig sind Es sollten deshalb noch Versuche durch Abbindungen der Vena cubitalis oder der Vena brach. tief unten gemacht werden, mit und ohne Constriction der Weichteile. In dieser Gegend wäre durch das Gelenk ein natürlicher Abschluß des Knochenmarkes gegeben, ohne daß man genötigt wäre, durch Knochenmarksplomben dem venösen Blute den Abfluß durch das Knochenmark zu wehren. Auf dieser anat. Tatsache liegt vielleicht wohl zum

Teil, wie schon oben erwähnt, der Grund, warum ischaemische Contracturen besonders gerne entstehen, wenn die Vorderarmfractur in der Nähe des Ellbogengelenkes liegt. —

Abgesehen von diesen Versuchen läßt sich doch mit Sicherheit aus den obigen Experimenten schließen, daß zur Entstehung einer ischaemischen Contractur eine venöse Stauung oder eine Behinderung des venösen Abflusses allein nicht genügt, sondern daß dazu noch Verhältnisse und Bedingungen gehören, wie sie von den verschiedenen Untersuchern in mannigfaltiger Weise angegeben sind.

Zum Schlusse komme ich noch der angenehmen Pflicht nach, für die Anregung des Gedankens dieser Arbeit Herrn Professor Dr. W. Wilms, sowie für die hilfreiche Assistenz bei den Operationen, meinem gew. Chefarzte der chir. Poliklinik in Basel, dem verehrten Herrn Dr. H. Iselin, meinen besten Dank auszusprechen.

Fig. 1.



Zeiss: Oc. 1. Obj. 7.
(Haematoxylin-Eosinfärbung)

Erklärung zu Fig. 1: (vide Anordnung zu Versuch 3). Querschnitt durch die Muskulatur eines Unterschenkels eines Kaninchens.

a) Die Primitivbündel sind im ganzen gequollen, sehen trüb homogen aus.
b) Das Protoplasma zeigt stellenweise Körnelung.
c) Die Lücken zwischen den einzelnen Bündel sind weit durch das Oedam auseinandergedrängt.

Fig. 2.

Zeiss: Oc. 2. Obj. 3.
(Haematoxylin-Eosinfärbung)

Erklärung zu Fig. 2: (vide Anordnung zu Versuch 8). Schrägschnitt durch die Unterschenkelmuskulatur eines Kaninchens.

a) Die Muskelschläuche sind homogen, sehr schwach gefärbt. Es findet sich keine Kernfärbung mehr. Einzelne Schläuche sind zerfallen.
b) Andere zeigen Vacuolen.
c) Feiner Detritus erfüllt das Interstitium und ist da am reichlichsten. wo die Mnskelschläuche am meisten zerfallen sind.